基于可复用的六边形DNA折纸模块的pH响应的可编程二维图形组装

**摘要**

最后写

六边形折纸单体通过pH响应的组装实现了二维图形的可编程性与单体的可复用性。

**实验总述**

最后写

1、六边形Tile模块的组装与产率分析：锚链连接的二聚体、可能出现的六边形刚性的问题（不用完全解决）

2、验证使用pH响应的不同连接方式：外连接、内连接、邻边连接

3、使用以上的连接方式实现四种花色的可变组装

4、将可再生的pH响应的电路与可变折纸基底相结合

5、基于柔性六边形的可变结构：进一步提高可编程性

**实验步骤**

材料

设备

过程

数据分析

**1实验一：六边形Tile模块的组装与产率分析**

**1.1六边形Tile模块分子设计**

六边形Tile模块分为两大类，一类为单个六边形Tile，另一类为两个六边形Tile组装而成的二聚体。对于第二类的Tile模块，使用锚链连接的方式进行组装，其中延伸段的长度与三链体的长度一致。

锚链延伸段分别位于第2号螺旋和第20号螺旋，以提供对称性。只要不是自己和自己连接，就对得上。

**1.2混链退火的步骤**

材料

设备

过程

**1.3 Matlab产率分析**

数据分析

**1.4可能遇到的六边形的刚性问题**

降低镁离子浓度+提高刚性的方法

**2实验二：验证使用pH响应的不同连接方式**

**2.1使用具有Hoogsteen相互作用的三链体修饰六边形折纸**

**2.2外连接**

两种连接种类，一种三链体

**2.3内连接**

两种三链体

可能出现矩形的情况

**2.4邻边连接**

两种三链体

**3实验三：使用以上的连接方式实现四种花色的可变组装**

组装——分离——组装——分离…

24种三链体

**4实验四：将可重置的pH响应的电路与可变折纸基底相结合**

**意义**

**使用折纸单体作为Tile**

二维DNA折纸模板可用于创建复杂的轨道几何形状。DNA Tile 本身可以级联，提供了可以在溶液中重新编程的细胞规模级别的模块化架构[1]。DNA折纸 Tile 的铺设为使用平面DNA折纸结构作为构建块来创建复杂的分子图案和形状提供了方法。使用DNA折纸结构作为 Tile 在溶液或表面上构建二维阵列，实现了 用于制造更大的纳米设备的纳米颗粒的精确组织，开辟了在更大的电路测试板上构建空间组织的DNA电路和在更大的测试场地上开发分子机器人的可能性[3]。

**使用六边形折纸Tile**

正方形折纸Tile仅仅是具有二维空间填充特性的三种正多边形的其中一种[3]。六边形折纸Tile具有更多的边以及组装时具有更多的角度变化，其边的可编程性和结构的灵活性使其成为理想的构建块。

**实现Tile的重复利用**

如果可以将 Tile 的内部框架固化, 使得解链时只针对黏性末端部分, 则有望实现Tile的重复利用, 真正建立可循环使用的DNA Tile自组装模型[2]。

**使用pH响应策略**

pH响应的模块化策略具有更高的模块化程度和简单性。pH响应的模块化策略在构建可重置的DNA组装结构和可重编程的晶体方面应该具有很大的潜力。pH响应的模块化策略不需要添加额外的DNA链来充当胶水链或其他组件，并且可以在恒定的温度下允许模块化的DNA组件进行可编程的组装和拆卸[4]。

**应用：利用以上模块化架构实现可编程的定向的DNA电路**

DNA纳米结构已经被广泛应用于众多领域，包括纳米结构的构建、计算、纳米电路、生物传感器和分子机器人等[5]。人们付出了大量努力来探索 DNA 电路的可编程性。然而，由于对于如何集成这些液相系统整体上缺乏方向性[6]。

**参考文献**

[1] Wickham S F J, Endo M, Katsuda Y, et al. Direct observation of stepwise movement of a synthetic molecular transporter[J]. Nature nanotechnology, 2011, 6(3): 166-169.

[2] Xiaoyao Y, Fei L, Xiaochen B, et al. Computation in chemistry: a summary of the development and models of DNA computing[J]. Progress in Chemistry, 2017, 29(11): 1297.

[3] Tikhomirov G, Petersen P, Qian L. Triangular DNA origami tilings[J]. Journal of the American Chemical Society, 2018, 140(50): 17361-17364.

[4] Sun X, Yao D, Liang H. pH-Controlled Resettable Modular DNA Strand-Displacement Circuits[J]. Nano Letters, 2023.

[5] Chen C, Lin T, Ma M, et al. Programmable and scalable assembly of a flexible hexagonal DNA origami[J]. Nanotechnology, 2021, 33(10): 105606.

[6] Lv H, Xie N, Li M, et al. DNA-based programmable gate arrays for general-purpose DNA computing[J]. Nature, 2023, 622(7982): 292-300.